



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Francisco Miguel Araújo Costa

**Otimização de Fluxo de Materiais na Secção
de Montagem de Aparelhos Óticos com
Recurso a Ferramentas *Lean***

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Maria Leonilde Rocha Varela

janeiro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgual

CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

O meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a realização desta dissertação.

À minha orientadora, Professora Doutora Maria Leonilde Rocha Varela, por toda a disponibilidade e paciência.

À empresa Leica - Aparelhos Óticos De Precisão, S.A., em especial Eng. Nuno Barros, ao Eng. Pedro Oliveira e ao Eng. Victor Costa pela oportunidade de poder beber um pouco do conhecimento de cada um de vós.

Aos meus colegas e amigos, por toda a aprendizagem partilhada quer nos momentos mais penosos quer nos mais boémios. Um obrigado especial aos meus amigos Sara e Flávio por terem feito de mim um verdadeiro Engenheiro.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã, por tanto terem sacrificado para que este dia podesse chegar. Espero algum dia poder retribuir.

À Maria, por ser uma inspiração para mim e por nunca me abandonar nos momentos mais difíceis.

Queria dedicar a conclusão desta dissertação e desta etapa que se encerra, ao homem que me levou ao meu primeiro dia de Universidade, pelo qual eu daria tudo para que ele pudesse estar comigo hoje no meu último: Gabriel Almeida e Costa.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Esta dissertação está inserida no plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. Foi desenvolvida através da metodologia *Action-Research* na empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.

Pretendia-se com a realização deste projeto de dissertação resolver um dos maiores problemas da área da logística interna para a organização: o baixo nível de serviço resultante de uma disponibilidade deficiente de componentes na última fase do processo produtivo – a montagem do produto final. Outro dos principais objetivos passava pela redução do *Work in Process* ao longo dos processos produtivos.

A abordagem ao problema passou pela definição de um caso piloto que serviria de driver para a reestruturação do fluxo produtivo deste último processo.

Após um período de análise extensiva ao produto que se escolheu para caso piloto, bem como ao seu processo de montagem, com o recurso a ferramentas *Lean Manufacturing* como o VSM e o diagrama de esparguete, e com recurso a análises estatísticas realizadas a algumas características do processo, tomou-se a decisão de se implementar um mecanismo de produção puxada, bastante semelhante a um *Kanban*.

A implementação deste mecanismo assentou em duas principais áreas de atuação: o *Gemba* e o sistema de informação – SAP.

Foram implementadas ferramentas de gestão visual no chão de fábrica e tornou-se a estruturação em SAP do produto o mais coerente possível com o que acontece na produção – foi alterada a lista técnica do produto, bem como os tempos de passagem de todos os seus subgrupos – tornando assim o sistema mais equilibrado e transparente.

Foram ainda apresentados os resultados da implementação do projeto e discutidos eventuais projetos futuros.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing; fluxo de materiais; nível de serviço; *Work In Progress*; *Gemba*

ABSTRACT

This dissertation project is part of the study plan of the Integrated Master in Industrial Engineering and Management of the University of Minho. It was developed through the Action-Research methodology, at the company Leica, S.A., which produces precision optical devices.

The purpose of this dissertation project was to solve one of the biggest problems in the area of internal logistics of the organization: the low service-level, which results from a deficient availability of components in the last phase of the production process - the assembly of the final product. Another of the main objectives was to reduce the Work in Process throughout the production processes.

To approach this problem, it was created a pilot case, which would serve as a driver for the restructuring of the productive flow of the process.

After an extensive analysis of the product that was chosen for the pilot case, as well as its assembly process, and resorting Lean Manufacturing tools such as VSM and the spaghetti diagram, and using statistical analyses carried out on some characteristics of the process, a decision was made to implement a pull production mechanism, very similar to a Kanban.

The implementation of this mechanism was based on two main areas of activity: Gemba and the information system - SAP.

There were implemented visual management tools on the shop floor and the SAP structure of the product was made as consistent as possible with what happens in production - the product's technical list was changed, as well as the Takt Time of all its subgroups - thus making the system more balanced and transparent.

The results of the project implementation were also presented, and eventual future projects were discussed.

KEYWORDS

Lean Manufacturing; material flow; service level; Work in Progress; Gemba

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xi
1. Introdução.....	12
1.1 Enquadramento.....	12
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Metodologia de investigação	14
1.4 Estrutura da dissertação.....	16
2. Revisão bibliográfica	17
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	17
2.1.1 <i>Toyota Production System (TPS)</i>	17
2.1.2 <i>Just-in-Time</i>	18
2.1.3 <i>Kaizen</i> (Melhoria Contínua).....	19
2.1.4 <i>Pull Production</i>	19
2.1.5 <i>Kanban</i>	19
2.2 Gestão da Cadeia de Abastecimento	23
3. Apresentação da empresa	25
3.1 História e Evolução	25
3.2 Processo Produtivo.....	25
3.2.1 Mecânica	26
3.2.2 Ótica	26
3.2.3 Montagem.....	26
3.3 Processos administrativos	28
3.3.1 Logística.....	28

3.3.2	Qualidade	28
3.4	Fluxo de informação	29
4.	Descrição e análise da situação atual	30
4.1	Descrição do problema.....	30
4.2	Objetiva M 1.4/35.....	31
4.3	Diagnóstico do Processo.....	32
5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria	38
6.	Discussão e análise de resultados.....	47
7.	Conclusões	49
7.1	Considerações finais	49
7.2	Sugestões para trabalho futuro.....	50
	Referências Bibliográficas	51
	Apêndice 1 – VSM do processo de montagem da objetiva M 1.4/35	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do TPS (Liker, 2004)	18
Figura 2 - Macroprocessos da Cadeia de Abastecimento (Carvalho, 2012)	24
Figura 3 - Sala Semi Limpa da Secção da Montagem da empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.	27
Figura 4 - Lista técnica da objetiva M 1.4/35	32
Figura 5 - VSM do processo de montagem da objetiva M 1.4/35	33
Figura 6 - Diagrama de Esparguete do Processo de Montagem da Objetiva M 1.4/35	34
Figura 7 - Registo dos movimentos de entrega do fornecedor interno	35
Figura 9 - Evolução da Aprovação em MTF	36
Figura 10 - Evolução da Aprovação em Ramitek Floating	36
Figura 11 - Evolução da Aprovação em Ramitek Set	36
Figura 12 - Evolução da Aprovação em Controlo Estético	36
Figura 12 - Ferramenta de Gestão Visual	40
Figura 13 - Ferramenta de Gestão Visual – “Espelho Inter Secções”	41
Figura 15 - Cálculo dos limites Inferiores e Superiores	43
Figura 16 - Alteração estrutural da Lista Técnica	44
Figura 18 - Evolução do FPY M1.4/35	45
Figura 19 - Evolução do ConWIP M1.4/35	45
Figura 19 - Contentores de atravessamento e Cartões Kanban	46
Figura 20 - Análise Relativa dos valores de WIP	47
Figura 21 - Evolução do Liefertreue – Performance de Entregas	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Listagem dos Limites Calculados	39
Tabela 2 - Análise de cobertura das entregas do fornecedor interno	42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BOM – *Bill Of Materials*

ConWIP - *Constant Work in Progress*

FPY – *First Pass Yield*

MP – Matéria-Prima

MRP – *Material Requirements Planning*

MTF – *Modulation Transfer Function*

OEM – *Original Equipment Manufacturer*

OP – Ordem de Produção

PA – Produto Acabado

PCP – Planeamento e Controlo de Produção

PO – *Purchasing Order*

SA – Semiacabado

SAP - Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados

SS – *Stock de Segurança*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work In Progress*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feito um enquadramento da dissertação e são apresentados os objetivos da mesma. Além disso, é identificada a metodologia de investigação utilizada e a estrutura do presente documento.

1.1 Enquadramento

A Leica Portugal, pertencente ao grupo Leica Camera AG, e foi criada em 1973, começando a sua produção 4 anos mais tarde, em Vila Nova de Famalicão.

Está inserida no mercado de produção de Aparelhos Óticos de Precisão e visa fornecer produtos de gama “Premium” e qualidade indiscutível, assentado os seus valores na preservação do seu nome no mercado.

Atualmente vive-se numa era de crescente competitividade no que ao mundo empresarial diz respeito. Este aumento de competitividade traz consigo a necessidade de uma mais eficaz adaptação das empresas na resposta às necessidades dos clientes, bem como a otimização dos recursos disponíveis.

Para que uma empresa possua esta boa capacidade de adaptação à, também ela crescente, exigência do cliente, necessita de deter uma filosofia de melhoria contínua, de não se acomodar. A esta filosofia deve estar associada a análise de todos os fluxos de materiais, informações e pessoas não se descurando nenhum fator que constitua um qualquer processo, desde a origem do produto, ou seja os seus fornecedores, até que chegue ao cliente.

Perante esta contextualização, uma das metodologias que reúne maior consenso é o *Lean Manufacturing* (Womack et al., 1990), metodologia esta que surge pela primeira vez em meados da década de 50 no Japão, na fábrica Toyota junto com o *Toyota Production System* (TPS).

O principal objetivo desta metodologia prende-se com a extinção de três tipos de atividades que, segundo (Ohno, 1988), são causadoras de desperdícios: *Muda*, *Mura* e *Muri*.

Muda é uma palavra japonesa que indica qualquer atividade que gere desperdício, não acrescente valor ou não seja produtiva, e daqui ressaltam os 7 desperdícios do *Lean Manufacturing* (sobreprodução, tempo de espera, transporte, sobre processamento, inventário, movimento e defeitos). A aplicação de algumas ferramentas do *Lean*

Manufacturing, como por exemplo, o *Value Stream Mapping*, ajuda na identificação deste tipo de desperdícios, permitindo posteriormente uma melhor definição do plano de ações a tomar para a remoção do mesmo;

Mura significa irregularidade ou inconsistência, e pode ser observada em ambiente industrial quando existe por exemplo um desnivelamento do ritmo de trabalho não causada pelo cliente final.

Esta irregularidade pode ser combatida com recurso a algumas ferramentas *Lean*, por exemplo, *Kanban System*, o nivelamento da produção (*Heijunka*) ou a produção *Just-in-Time*; *Muri*, que significa sobrecarga em pessoas, equipamentos ou até na organização, pode originar problemas de segurança ou qualidade, ou a quebras de equipamento e consequentes custos de manutenção.

Esta metodologia tem associada a filosofia *Kaizen*, que visa a melhoria contínua em todos os processos e pessoas envolventes de uma organização (Imai, 1986). Esta filosofia torna-se essencial no aumento de capacidade adaptativa de uma organização.

Juntamente com o recurso à filosofia *Lean Manufacturing*, e com o intuito de redução de desperdícios e ótimo aproveitamento de recursos, será abordada a temática de gestão de stocks, aliada á vertente da logística interna.

Logística pode ser definida como sendo o processo de administração e gestão da cadeia de abastecimento que é responsável pelo fluxo e armazenamento eficiente de todo o tipo de produtos ou informações ao longo de todo o processo (Handfield et al., 2012). Tendo em conta a crescente exigência dos consumidores, “é necessária uma metodologia que consiga planejar, implementar e controlar da maneira eficaz e eficiente o fluxo de produtos, serviços e informações desde o ponto de origem (fornecedores), com a compra de matérias-primas ou produtos acabados, passando pela produção, armazenamento, stockagem, transportes, até o ponto de consumo (cliente) (Carvalho, 2010).

Para uma eficiente gestão de todos estes pontos poderão ser utilizadas algumas ferramentas como Supermercados, *Kanban* ou *Mizusumachi*, utilizando-se ainda alguns termos relacionados com a gestão de stocks (Stock de segurança, Nível de serviço, etc.).

No seguimento deste enquadramento, e com o intuito da por parte da organização de procura dar a melhor resposta a questões como qualidade dos seus produtos, cumprimento de prazos de entrega e o ótimo aproveitamento dos seus recursos, surge o projeto de dissertação, com o objetivo de levar a cabo esta melhoria contínua que faz parte da sua filosofia, e que terá

como objetivo otimizar o fluxo de materiais na secção de montagem, visando a redução de desperdícios como o de stock intermédio, movimentações, transportes; definição de stock ótimo de componentes, agregado à criação de um sistema de produção puxado, possivelmente com recurso a um sistema *Kanban*.

1.2 Objetivos

A dissertação terá como principal objetivo a otimização do fluxo de materiais para a montagem com o recurso a ferramentas *Lean*.

Para dar um melhor rumo ao trabalho a realizar,

1. A primeira fase passará por uma análise a todo o sistema produtivo, identificando pontos de estrangulamento e processos críticos;
2. Seguidamente uma análise mais específica à área de atuação (a secção de montagem) com a finalidade de encontrar algumas possibilidades de melhoria;
3. Posteriormente a proposta de soluções que visem a redução dos desperdícios identificados, recorrendo a ferramentas *Lean*;
4. De seguida, a implementação da proposta apresentada, numa linha de montagem que sirva de caso piloto
5. Seguidamente a monitorização da solução implementada
6. Reestruturação da solução implementada, se necessário.

Algo que não é objetivo da dissertação, mas que poderá ser um medidor do seu sucesso, é a implementação de uma solução igual ou semelhante à utilizada na linha piloto, pelas restantes linhas de montagem.

Posto isto, esta dissertação pretende responder à pergunta de investigação “Qual o impacto que a otimização do fluxo de materiais poderá ter no nível de serviço e no WIP de uma linha de montagem?”

1.3 Metodologia de investigação

Durante esta dissertação, a metodologia de investigação a utilizar será a de “*Action-Research*”, ou de investigação ação. Pode ser definida como qualquer investigação iniciada para resolver

um problema imediato ou para um processo refletivo num processo prolongado de resolução de problemas, onde o investigador trabalha conjuntamente com os participantes do caso de estudo (Burns, 2007). Pode destacar-se das restantes metodologias pelo seu enfoque na ação e no apelo à mudança (Saunders et al., 2009). Esta metodologia é um contraste com as metodologias de investigação mais tradicionais em que os participantes são meramente observados e analisados. Assim, esta metodologia de investigação permite um conhecimento empírico do problema, e tem como principal objetivo obter promover mudanças na organização para solucionar os problemas investigados.

Esta metodologia passa também por 5 fases cíclicas: diagnóstico, planeamento, implementação, avaliação e especificação da aprendizagem.

Tendo isto em conta, o projeto de dissertação terá como sua primeira fase uma profunda revisão bibliográfica, com ênfase nas temáticas inerentes à realização do mesmo: *Lean Manufacturing*, Gestão de stocks, Logística Interna e ainda algumas leituras referentes aos processos produtivos presentes na organização.

A fase seguinte do projeto prende-se com a análise e diagnóstico da situação atual da empresa. Nesta fase pretende-se a perceção da empresa, primeiramente num panorama macro e posteriormente numa análise mais específica àquela que será a zona de atuação do projeto, a secção de montagem. Serão utilizadas algumas ferramentas de análise nesta fase, como por exemplo, VSM e diagrama de fluxo de materiais.

Posteriormente serão analisados e discutidos os problemas identificados na fase anterior, elaborando-se um plano de ações que irá visar o solucionamento dos mesmos. Aqui serão utilizados, em conjunto com ferramentas *Lean* de atuação, conhecimentos do âmbito da gestão de stocks e da logística interna.

A fase seguinte irá prender-se com a implementação das soluções originadas no ponto anterior. Esta fase é a correspondente à terceira fase da metodologia de *Action-research*, à qual se segue a análise e monitorização dos resultados obtidos, de onde irá ressaltar o feedback, sendo que este será essencial para a constatação da viabilidade das propostas ou de a necessidade de reestruturação das mesmas.

Á última fase prende-se com a escrita da dissertação, onde irão constar todas as informações necessárias decorrentes deste projeto de dissertação.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente documento é composto por sete capítulos. No primeiro, é feito um enquadramento da dissertação, são apresentados os objetivos da mesma, e a metodologia utilizada. No segundo, é feita uma revisão bibliográfica dos conceitos teóricos que serviram de suporte para a realização do projeto. No terceiro capítulo é feita uma breve apresentação da empresa onde foi desenvolvido o projeto. Finalmente, no quarto capítulo é apresentada a análise crítica feita à situação atual da empresa. No capítulo seguinte são identificadas as propostas de melhoria apresentadas, e é seguidamente feita uma discussão e análise dos resultados obtidos. Por fim, no sétimo capítulo são descritas as principais conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é feita uma introdução teórica dos conceitos que serviram de base para a realização desta dissertação.

2.1 *Lean Manufacturing*

Neste subtítulo serão abordadas algumas filosofias e ferramentas que fazem parte desta ideologia de produção.

2.1.1 *Toyota Production System (TPS)*

Após a Segunda Guerra Mundial em 1945, e com o estado crítico da economia Japonesa devido às coimas que da sua participação advieram, os recursos escasseavam naquele país, tornando-se impossível ganhar quota de mercado face à concorrência. Nesta mesma situação encontrava-se a *Toyota Motor Corporation*, empresa do ramo automóvel liderada por Eijii Toyoda e que nas suas fileiras tinha o Engenheiro Taiichi Ohno, a quem foi incumbida a missão de colocar a produtividade da sua empresa aos níveis dos da Ford (Liker, 2004).

Neste contexto surge o *Toyota Production System (TPS)*, desenvolvido entre 1948 e 1975. Este sistema teria como objetivo a eliminação de desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, abrangendo todas as áreas de uma organização, culminando com a redução dos custos produtivos, aumentando as percentagens de lucro e consequentemente a quota de mercado. Para mais facilmente se perceber de que forma se estrutura o TPS, Fujio Cho esquematizou o processo em meados da década de 70. A sua ilustração ficou conhecida como a casa do TPS (Figura 1) onde estão contempladas as várias metodologias que servem de base ao sistema bem como o objetivo a atingir.

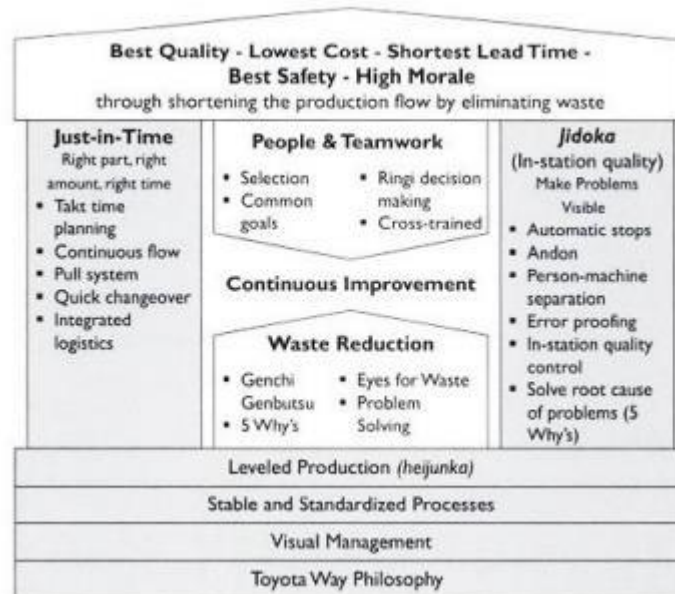


Figura 1 - Casa do TPS (Liker, 2004)

No telhado da casa do TPS surgem enunciados os seus objetivos operacionais que se prendem com: a maior qualidade, ao menor custo, no menor tempo, mantendo os níveis de motivação e segurança.

Nos pilares da casa, o suporte para o objetivo, surgem as metodologias *Just-in-Time* que pode ser definida como o material certo na quantidade e momento certos, *Jidoka* - automação inteligente e *Kaizen* – Melhoria contínua (Dillworth, 1989).

2.1.2 Just-in-Time

A política JIT tem sido cada vez mais utilizada no ramo industrial, com o objetivo permanente de alcançar um eficiente abastecimento da produção, tendo em vista a minimização do *Work In Process* (WIP) (Emde & Boysen, 2012).

Trata-se de um sistema que visa a eliminação de desperdícios e stocks, conduzindo as empresas a produzir apenas o necessário. Implica ainda a criação de um fluxo contínuo, que é a resposta à necessidade de redução de Lead Time como de stock (Ohno, 1988).

Esta política pode ser definida como o princípio de ter os materiais certos, no local certo, no tempo certo (Banerjee & Golhar, 1993).

A esta filosofia estão ligados conceitos como os de *Takt Time*, Fluxo Contínuo e *Pull Production*.

2.1.3 *Kaizen* (Melhoria Contínua)

A metodologia Kaizen pressupõe a busca constante da perfeição assente na redução de desperdícios resultantes da produção.

Desperdício é toda e qualquer atividade humana que absorve recursos mas que não cria valor (Womack & Jones, 1996).

Taiichi Ohno (1988) identificou 7 tipos de Mudras (desperdícios):

- Excesso de Produção
- Tempos de Espera
- Transportes e Movimentações (Material)
- Processos Inadequados
- Stock
- Movimentações Desnecessárias (Homem)
- Defeitos

2.1.4 *Pull Production*

Este sistema baseia-se no princípio de produzir nas quantidades, com as especificações e no prazo que o cliente pretende (Pinto, 2006). Isto significa que esta política de produção defende que nenhum produto ou serviço deve ser produzido sem existência de uma requisição, seja esta de um cliente interno ou externo à organização

Permite uma mais eficiente utilização dos recursos disponíveis, WIP e buffers reduzidos e rápida resposta às necessidades do cliente, não estando tão suscetível a variações de procura.

2.1.5 *Kanban*

O termo *Kanban* é de origem Japonesa e tem o significado de cartão ou registo.

O seu nome deixa adivinhar a sua função: simboliza a existência ou necessidade de uma ordem de produção ou de transporte, normalmente por intermédio de um cartão.

É uma ferramenta *Lean* bastante utilizada na gestão de produção, quer ao nível do *Gemba*, quer recorrendo ao sistema de informação (*kanban* eletrónico), sendo bastante associada à metodologia JIT e *pull production*.

O uso deste sistema possibilita um aumento de produtividade e redução de stock (Azian et al., 2013).

Existem então dois tipos de *Kanbans*:

Kanban de produção, que surgem como uma ordem de produção, ou seja, autorizam a produção de um determinado produto

Kanban de transporte, que dá ordem de movimentação do item associado. Deve conter informações como a quantidade a movimentar e o ponto final da movimentação.

2.1.6 Ferramentas *Lean*

Tyagi, Cai, Yang, & Chambers (2015) apontam as ferramentas *Lean* como auxiliadoras na identificação de desperdícios e sua eliminação, de uma forma muito próxima e direta, acreditando que a sua implementação estruturada e estratégica favorecem o potenciamento das organizações.

Nesta secção serão abordadas algumas dessas ferramentas.

- *Value Stream Mapping* (VSM)

Chen et al. (2010) referem que esta ferramenta emergiu nos últimos anos como sendo a preferida para a implementação do *Lean Production*, por mapear o processo produtivo identificando desperdícios e oportunidades de melhoria. O mesmo autor define a ferramenta como sendo simples mas poderosa, podendo ser aplicada utilizando apenas um lápis e um papel em branco.

Esta ferramenta, utilizada para mapear o processo produtivo, compara os tempos de ciclo dos diferentes processos, com o tempo de passagem real, identificando não só os *bottlenecks* do processo, como eventuais desperdícios de *stock*.

- 5 Ss

A arrumação e organização presentes numa qualquer organização são o espelho da sua administração, no que às acções de melhoria e redução de desperdícios diz respeito.

Suzaki (1987) afirma que a arrumação se encontra profundamente ligada com a mentalidade dos funcionários e com o relacionamento da administração com os mesmos e as acções de melhoria.

Esta ferramenta assenta no propósito de manter o posto de trabalho limpo e organizado, sendo que desta forma promove a mais fácil identificação de defeitos ou anomalias no mesmo. Para George, M. L. et al. (2005) são a fundação da política da melhoria contínua, promovendo os 0 defeitos, a redução de custos e um posto de trabalho limpo e seguro.

Esta ferramenta assenta em 5 chaves, que segundo Osada (1991), levam à qualidade total:

- *Seiri* (Separar) – Esta chave sugere que deve ser feita a separação do que é essencial para o processo produtivo, daquilo que é acessório
 - *Seiton* (Organizar) – Sugere que cada coisa tem o seu lugar. Para a implementação desta chave deve-se identificar os materiais e ferramentas e definir os lugares em que estes devem ficar
 - *Seiso* (Limpar) – Esta chave refere que a limpeza do posto de trabalho é essencial para que estejam asseguradas as condições de higiene e segurança dos colaboradores e para que não seja posta em causa a qualidade dos produtos
 - *Seiketsu* (Normalizar) – Esta chave deve ser precedida das 3 anteriores. Prende-se com a standardização e normalização do posto de trabalho, onde são desenvolvidas regras, normas ou procedimentos para que as chaves anteriores possam ser monitorizadas
 - *Shitsuke* (Sustentar) – É de todas as chaves a mais difícil de ser implementada. Passa por criar a disciplina necessária para fazer manter todas as anteriores chaves.
- Gestão Visual

A Gestão Visual é uma das bases da Casa do TPS. Parry & Turner (2006) dizem que estas integram uma parte importante da comunicação das organizações *Lean*, pois todas as pessoas envolvidas devem ser capazes de perceber o estado do processo, a todo o instante.

Sistemas como o sistema *Andon* que segundo Ohno (1988), são indicadores luminosos colocados nos equipamentos produtivos que com a finalidade de controlar o processo. São geralmente de três cores diferentes: verde, para quando os processos decorrem normalmente; amarelo para quando é necessário algum ajuste; vermelho para quando a linha de produção estiver parada e for necessária uma intervenção.

2.1.7 Desperdícios do *Lean*

Ohno (1988) define desperdício como sendo qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto final, ou qualquer excedente desnecessário que aumente os custos numa organização.

Melton (2005) afirma que apenas 5% das atividades produtivas acrescentam valor ao produto, sendo que a restante percentagem se divide em desperdícios necessários (35%) e puro desperdício (60%).

Os desperdícios *Lean* são então classificados em 7 tipos:

- Sobreprodução

Sobreprodução, ou produção em excesso, resulta de um tipo de produção *Push*, ocorrendo essencialmente quando a produção ocorre sem existirem ou serem conhecidas as necessidades do cliente

- Esperas

Ocorre essencialmente por quebras no fluxo de abastecimento, fazendo parar os recursos disponíveis

- Transporte

Este desperdício diz respeito ao transporte de materiais e informações. O princípio é o de que, enquanto o material não está a ser transportado, não está a ser transformado, e por isso não está a ser acrescentado valor.

- Inventário

Inventário ou *stock*, pode ser de 3 tipos: matéria-prima, intermédio, ou produto final, sendo que representam valor empatado, por ordem crescente de valor. Produto intermédio já sofreu transformação pelo que é mais valioso que a matéria prima; e por sua vez o produto final representa ainda mais valor que o intermédio.

- Sobreprocessamento

Processo efetuado no produto que não acrescenta valor, do ponto de vista do cliente

- Movimentação

Essencialmente provocada pela inadequação ou desorganização do espaço produtivo, representam movimentações desnecessárias de produtos ou pessoas

- Defeitos

Ocorrem aquando do processo e afetam as especificações definidas pelo cliente. Quando se junta este desperdício com outro tipo, como por exemplo a sobreprodução, podemos estar perante um custo bastante relevante para a organização.

2.2 Gestão da Cadeia de Abastecimento

Com a crescente competitividade empresarial, resultante da liberalização dos mercados, não acompanhada proporcionalmente por um crescimento da procura, tornou o mercado mais saturado e exigente, tornando fulcral para as organizações a otimização de recursos, reduzindo custos e aumentando a qualidade e o nível de serviço.

Neste panorama, a cadeia de abastecimento surge com particular importância, uma vez que a sua gestão “envolve o planeamento e a gestão de todas as atividades de *sourcing* e *procurement*, conversão e todas as atividades logísticas (...), e envolve a coordenação e a procura de colaboração entre parceiros de cadeia ou de canal, sejam eles fornecedores, intermediários, prestadores de serviços logísticos ou clientes.” (Carvalho, 2010).

De uma forma geral, e de um ponto de vista sintético, pode ser visto como o conjunto de todos os processos e recursos que vão desde a criação do produto até ao consumidor final (Figura 2).

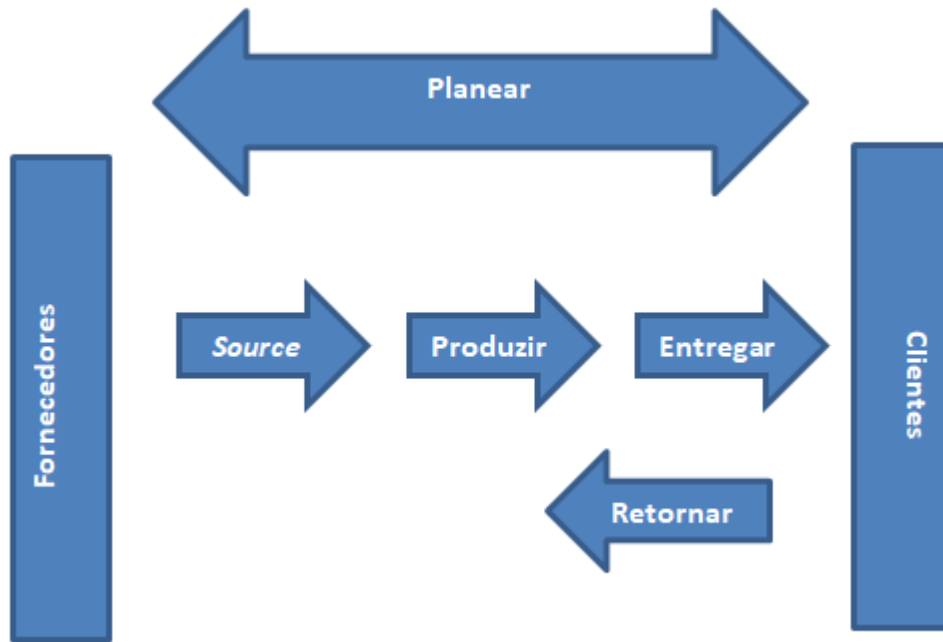


Figura 2 - Macroprocessos da Cadeia de Abastecimento (Carvalho, 2012)

Em anos recentes a *Supply Chain Management* (SCM) tem sofrido um inverter de foco: “pensam sobre a Cadeia de Abastecimento como um todo, ao invés de manterem a visão focalizada internamente” (Holmberg, 2000).

A complexidade inerente à multiplicidade dos fatores presentes na gestão da cadeia de abastecimento explana, por si só, o potencial de melhoria existente na área, tornando-a alvo de um particular interesse das organizações com vista ao necessário, aumento de competitividade e de quota no mercado.

Assim torna-se imperativo que as organizações mantenham uma visão holística da cadeia de abastecimento, conhecendo perfeitamente o processo interno, mas com foco nos fatores externos por forma a melhor alcançar os objetivos, que (Carvalho, 2010) define como:

- Reduzir ineficiências e falhas *cross-company*;
- Aumentar a visibilidade sobre a procura real e a partilha da informação ao longo de toda a cadeia logística;
- Redução do tempo de ciclo da cadeia;
- Encurtar a cadeia de abastecimento;
- Otimizar a relação produção/procura;
- Planear de forma integrada as várias organizações que constituem a cadeia;
- Foco na satisfação das necessidades do cliente;

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo visa apresentar a empresa onde foi desenvolvido este projeto, começando por introduzir a sua localização e posição atual no mercado. É também feita uma breve síntese da história e evolução da empresa, e de seguida indicados os principais clientes, fornecedores e matérias-primas. Por fim, é feita uma descrição sucinta do sistema de produção.

3.1 História e Evolução

Em 1849, na pequena cidade de Wetzlar, na Alemanha, nasce esta organização, que entregando-se nos primeiros anos de funcionamento à Microscopia, tornou-se palco do nascimento da primeira câmara fotográfica de 35 mm, revolucionando para sempre o mundo da fotografia. Na vanguarda da tecnologia, sendo responsável por inúmeras criações de renome, a marca Leica impôs-se de forma incontornável no mercado, destacando-se pela sua qualidade que até aos dias de hoje faz com que seja mundialmente reconhecida.

No decorrer do ano de 1973, por decisão da administração alemã, é fundada, em Vila Nova de Famalicão, a Leitz Portugal – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.R.L., que até ao final do ano contava com 84 colaboradores. No ano em que viria a completar 40 anos de existência, 2013, contava com 740 trabalhadores, nas suas recentes instalações, na Freguesia de Lousado, Vila Nova de Famalicão.

Este crescimento é explicado pelo alargamento da gama de produtos comercializados pela marca, mantendo sempre a produção e montagem de componentes opto-mecânicos como base. Para além do mercado fotografia, onde se produziam câmaras, objetivas e respetivos componentes, a Leica entrou também no mercado da Sport Optics, onde se começaram a produzir e comercializar produtos como binóculos, *range finders* e miras telescópicas.

3.2 Processo Produtivo

A Leica – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A. tem no seu espaço produtivo três distintos departamentos, designados por secções, que, devido às diferentes características do seu processo, estão separadas fisicamente, sendo estas a secção Ótica, a Mecânica e a Montagem. Nestas três áreas ocorrem todas as atividades de transformação do produto.

3.2.1 Mecânica

A Secção Mecânica é composta por duas grandes áreas:

- A Maquinação que, dividida nos processos de Torneamento CNC, Fresagem CNC e Torneamento Fino, é a responsável pela primeira transformação da matéria-prima mecânica, sendo que as mais usuais são alumínio, magnésio e latão;
- O Tratamento de Superfícies, onde se destacam os processos de Polimento, Anodização, Cromagem, KTL (ou Cataforese), Pintura e Pintura de Baixo-relevo. Nesta área é conferido o acabamento mais indicado a cada material.

3.2.2 Ótica

A secção Ótica pode dividir-se em 3 áreas:

- A Ótica Esférica, a responsável pela transformação de todo o tipo de Lentes, nesta área identificam-se os processos de Fresagem, Esmerilagem, Polimento e Centragem;
- A Ótica Plana, responsável pela produção de prismas óticos, utilizados em todos os binóculos e câmaras fotográficas, onde se distinguem os processos de Fresagem, Esmerilagem e Polimento;
- A Área de Acabamentos, com destaque para a Lavagem, Colagem, Revestimento e Lacagem.

3.2.3 Montagem

A Montagem é a secção onde são assemblados os componentes, produzidos nas restantes secções produtivas ou comprados. Está disposta em linhas de Produção associadas aos diferentes tipos de Produto, está também ela dividida em duas áreas:

- A Sala Limpa, com o ambiente controlado, para se reduzir a quantidade de partículas no ar, contém no seu espaço as linhas de produção associadas à montagem dos componentes óticos e opto-mecânicos;
- A Sala Semi Limpa, ilustrada na Figura 3, onde estão os prolongamentos das linhas de montagem onde as fases de trabalho contêm apenas montagem de componentes mecânicos.



Figura 3 - Sala Semi Limpa da Secção da Montagem da empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.

Estruturalmente, a secção de Montagem está configurada em linhas de produção associadas ao produto que nelas serão montados.

Existem 9 linhas de montagem de produto final, todas elas na Sala Limpa, onde são finalizados todos os modelos de Câmaras Fotográficas, Objetivas, Binóculos, Miras Telescópicas e Teleobjetivas. A necessidade de todas estas linhas de produto se encontrarem numa Sala Limpa, sala esta com condições de pressão e temperatura controladas, prende-se com o facto de existir uma grande preocupação com a qualidade do produto final, não só a nível funcional como a nível estético. Assim o ambiente controlado da sala limpa reduz o número de partículas na atmosfera do espaço, partículas que poderiam contaminar o produto final.

A sala Semi Limpa está também orientada ao produto, sendo que as linhas aqui funcionam como fornecedoras das linhas de montagem final, executando algumas pré-montagens de subgrupos e tratamentos a alguns dos componentes que farão parte do produto final. As operações aqui podem caracterizar-se por serem operações “mais sujas” e que poderiam contaminar o ambiente da Sala Limpa. Destacam-se nesta parte da secção a montagem de componentes eletrónicos, o polimento de algumas peças mecânicas e a lavagem e alisamento de lentes.

No que ao fluxo de materiais diz respeito, uma característica singular nesta secção tem que ver com a existência de um *Takt* diário para cada linha de produto. Este *Takt* é definido pelos planeadores de produção, com base nas encomendas do cliente, e que é fixado para um período de pelo menos 4 semanas, o que permite fazer a gestão de capacidade das linhas.

Assim sendo, as encomendas são colocadas por parte do cliente, confirmadas pelo planeador, que por sua vez coloca uma ordem de produção repetitiva planeada para o produto final.

Esta ordem origina todas as ordens de compra e de produção, repetitiva para os subgrupos montagem e convencionais para todos os componentes oriundos das outras secções produtivas da ótica e da mecânica.

Outra característica da secção da montagem é que está definida no sistema ERP como sendo um armazém: o armazém 0070, sendo que as diferentes linhas de produção estão definidas como lugares de depósito desse mesmo armazém. Este armazém é abastecido por 3 outros armazéns: o 0040 onde são armazenados os produtos de compra, e ainda o armazém 0018 e 0030 armazém de produto acabado das secções da mecânica e ótica respetivamente.

Todos os dias, os *Mizusumachis* fazem a reposição de *stocks* de componentes consoante a disponibilidade destes no armazém 0070.

3.3 Processos administrativos

Existem departamentos de Suporte à produção, também eles indispensáveis ao sucesso da Organização, abaixo identificados.

3.3.1 Logística

O departamento da logística é o responsável pelos processos de Planeamento, Compras e Gestão de Armazéns. Este departamento é assim o responsável pela elaboração do Plano de Produção, bem como pelo aprovisionamento de todas as matérias-primas e materiais subsidiários que a organização necessita para o seu normal funcionamento.

3.3.2 Qualidade

Responsável por todo o controlo dos exigentes parâmetros e especificações quer das matérias-primas compradas, quer dos produtos vendidos, atuando ao longo de todo o processo produtivo.

Existem ainda outros departamentos de igual importância para a organização, como o *Controlling*, Ferramentaria, Recursos Humanos, Manutenção, Ambiente e Segurança e Departamento de Informática, mas que por não estarem diretamente relacionados com o processo produtivo, não lhes é concedida distinção.

3.4 Fluxo de informação

A organização utiliza para a sua gestão o sistema ERP SAP.

Quando o cliente converte encomendas no sistema, estas devem ser confirmadas pelos planeadores, sendo que estes estão associados a cada tipo de produto (Câmara, Objetiva, Binóculo com eletrónica e Binóculo sem eletrónica).

Esta confirmação de encomenda origina uma ordem de produção planeada para o produto final, que por sua vez, após o MRP correr, origina todas as ordens de produção e/ou de compra dos seus componentes, até à matéria-prima. O elemento MRP utilizado para o planeamento da produção é o tempo de passagem, que está definido em dias. A não utilização dos tempos de ciclo (definidos no roteiro e utilizados de um ponto de vista de faturação) impossibilita que a programação da produção ou o planeamento fino seja feito com recurso ao SAP. Para auxiliar neste processo existe um Cálculo de Capacidades que corre paralelamente ao MRP e dá informação sobre a carga de cada centro de trabalho.

Deste modo, as ordens de produção são então abertas, levantando-se a matéria-prima necessária para tal, sendo que esta vai sendo confirmada à medida que ultrapassa cada fase do processo. Estas ordens de produção puras são utilizadas nas secções da Ótica e da Mecânica.

A secção da Montagem, sendo classificada em SAP como um armazém, utiliza ordens de produção repetitiva. Estas, quando finalizadas originam stock do componente montado, sendo que o lançamento destas ordens é sempre feito em *backflush*, e deste modo cobrem a ordem planeada originada no início do processo.

Acabando o processo produtivo, o produto final deve ser transferido do armazém 0070 (linha de montagem) para a expedição (armazém 0060). Aqui é feita a associação de cada produto às solicitações de entrega do cliente, sendo então emitida a fatura e efetuado o movimento *cross company*.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

O tema sugerido pela organização aquando da apresentação deste projeto de dissertação, apresenta um carácter de transversalidade, visto impactar diretamente na última fase de transformação do produto, e por sua vez de forma indireta, com as restantes áreas produtivas da organização, numa ótica de fornecedor-cliente.

Neste capítulo serão enfatizadas as dificuldades recorrentes do quotidiano da organização, que por sua vez, justificaram a necessidade deste projeto, originando também os objetivos que nele se definiram.

4.1 Descrição do problema

Os órgãos de gestão da organização delinearam objetivos claros para o presente projeto: melhorar a performance de entrega e reduzir os valores de *stock*.

Sendo a secção da Montagem o principal fornecedor de produtos para a exportação, percebe-se que a otimização do fluxo de materiais na secção terá impacto direto na performance de entrega. Sendo esta secção responsável pela última fase do processo produtivo, os materiais que aqui são produzidos têm também um valor acrescentado significativamente superior ao dos componentes produzidos atrás, pelo que a gestão de *stocks* aqui acresce de importância.

Para se partir para a análise do objeto de estudo definiu-se um caso piloto. A estratégia adotada pode ser mais facilmente compreendida partindo do pressuposto de que existem mais de 60 000 referências ativas na organização e que cada referência final tem em média 200 componentes, sendo que existem produtos com mais de 2 000 componentes.

Foi então escolhido junto dos órgãos de gestão da secção da Montagem, o produto que iria servir de caso de estudo para o projeto.

Optou-se por um produto que fosse representativo do ponto de vista de produção, ou seja, com um elevado volume de produção do ponto de vista da organização.

4.2 Objetiva M 1.4/35

As Objetivas são um dos mais representativos produtos para a organização, uma vez que são uma das principais imagens da marca Leica.

Os seus elevados requisitos de qualidade, que se espelham num processo com características bastante peculiares, fizeram a organização acreditar que este produto e o seu processo seriam o mais desafiante para se levar a cabo um projeto que visasse a otimização do seu output.

Deste modo elegeu-se, dentro de um leque de 9 modelos, aquele que representava um volume mais elevado de produção: o modelo M1.4/35.

Este modelo de objetiva é produzido em 2 diferentes cores, preto e cinza, e contabiliza um conjunto de 125 referências que são transformadas e/ou assembladas para formarem o produto final.

Estas 125 referências surgem na sua fase final de montagem como uma junção de um conjunto mecânico, responsável pelo movimento do conjunto de lentes da objetiva em relação ao sensor da câmara fotográfica onde esta será acoplada, a que se dá o nome de *schneckengang* (SGG), com a “cabeça ótica” (CO), um grupo opto mecânico, onde estão sobrepostos um conjunto de lentes que têm como função a captação da luz necessária para o sensor da câmara.

Na Figura 4 estão representados os subgrupos montados, com a indicação do seu lead time de produção, que fazem parte da *Bill of Materials*, subgrupos que em conjunto com os componentes que deles fazem parte, serão objeto de estudo deste projeto.

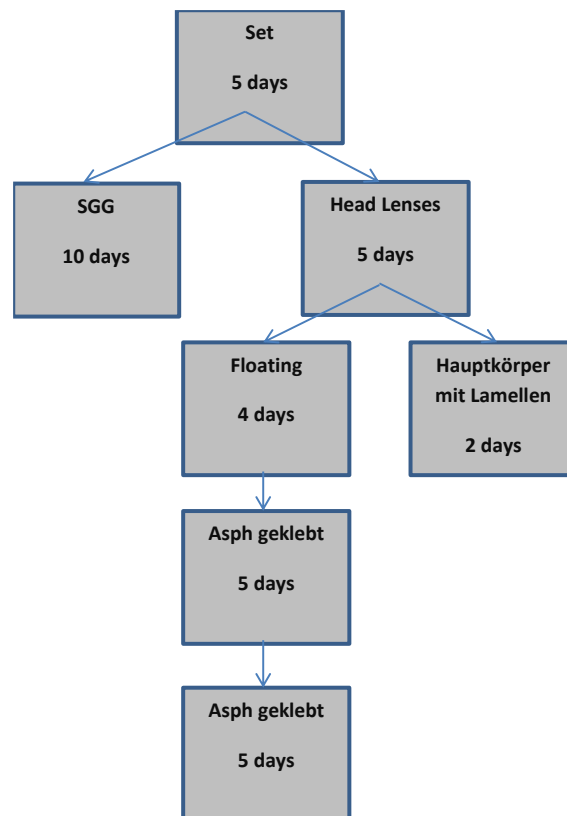


Figura 4 - Lista técnica da objetiva M 1.4/35

4.3 Diagnóstico do Processo

Estando então definido qual o produto cujo processo seria alvo de estudo, partiu-se para o diagnóstico do mesmo.

Foi requisito dos membros da organização que no período que antecedeu ao início do projeto, se desse bastante ênfase ao processo, tendo sido necessário um período de formação no posto de trabalho de cerca de 3 meses. Neste período foram adquiridas algumas competências técnicas na montagem de objetivas, competências que se não fossem adquiridas poderiam chocar com eventuais medidas apresentadas na resolução do problema. Após ênfase nas competências técnicas do processo, fez-se o levantamento de fatores mais relevantes para levar a cabo o projeto de dissertação:

Para auxiliar o diagnóstico do processo, foi desenhado o VSM (Apêndice 1 – VSM do processo de montagem da objetiva M 1.4/35), de acordo com os parâmetros de tempo de passagem e de tempo de ciclo definidos em sistema, e com as diferentes fases do processo observadas no chão de fábrica, como mostra na Figura 5.

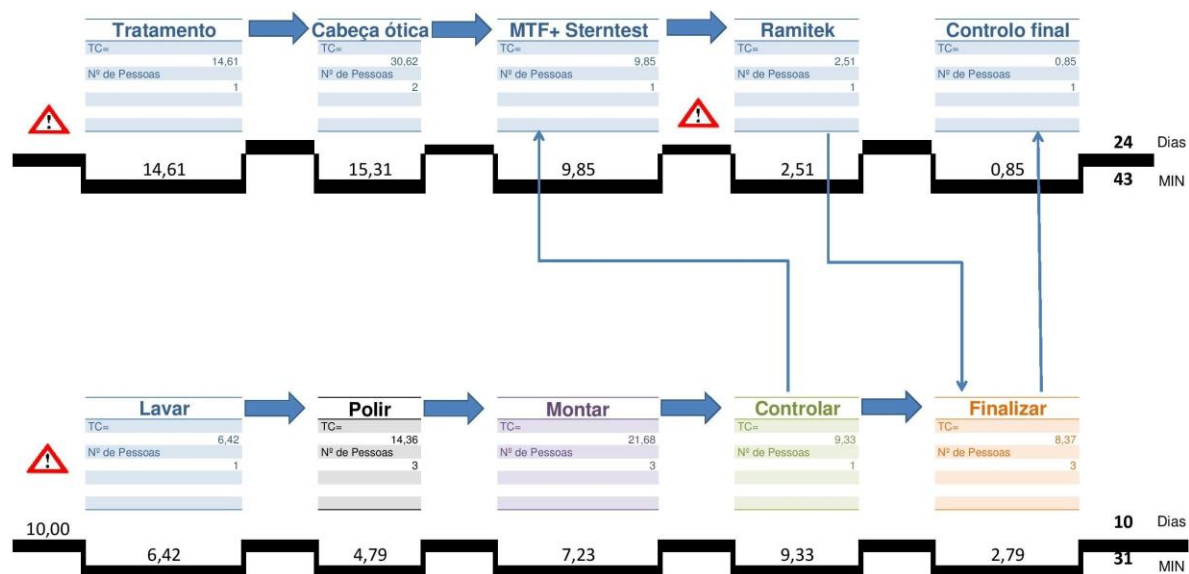


Figura 5 - VSM do processo de montagem da objetiva M 1.4/35

No VSM ilustram-se os processos que decorrem paralelamente: a montagem da cabeça ótica e a do SGG, até ao casamento dos mesmos.

Pela análise do VSM realizado percebe-se que existe dificuldade em associar as diferentes fases do processo aos diferentes níveis de lista técnica anteriormente apresentada. Por este motivo o tempo de passagem foi atribuído ao processo total, e não a cada uma das fases.

Isto acontece porque a lista técnica do produto é desenvolvida numa fase de projeto anterior à produção, sendo que as atualizações que lhe possam surgir acontecem única e exclusivamente quando existe a alteração de um qualquer componente. Acrescentando a este facto, o de que os tempos de ciclo de cada processo servirem apenas para fins de orçamentação, sendo o elemento MRP responsável pelo planeamento da produção o tempo de passagem de cada referência, entende-se que aquando da produção em série surjam discrepâncias relacionadas com a disponibilidade de materiais no processo de montagem.

Posto isto, este será uma das oportunidades de melhoria a ter em conta no capítulo seguinte.

A análise do processo passou também por perceber qual o percurso que os componentes da objetiva fazem no chão de fábrica. Para tal utilizou-se um diagrama de esparguete, que é apresentado na Figura 6.

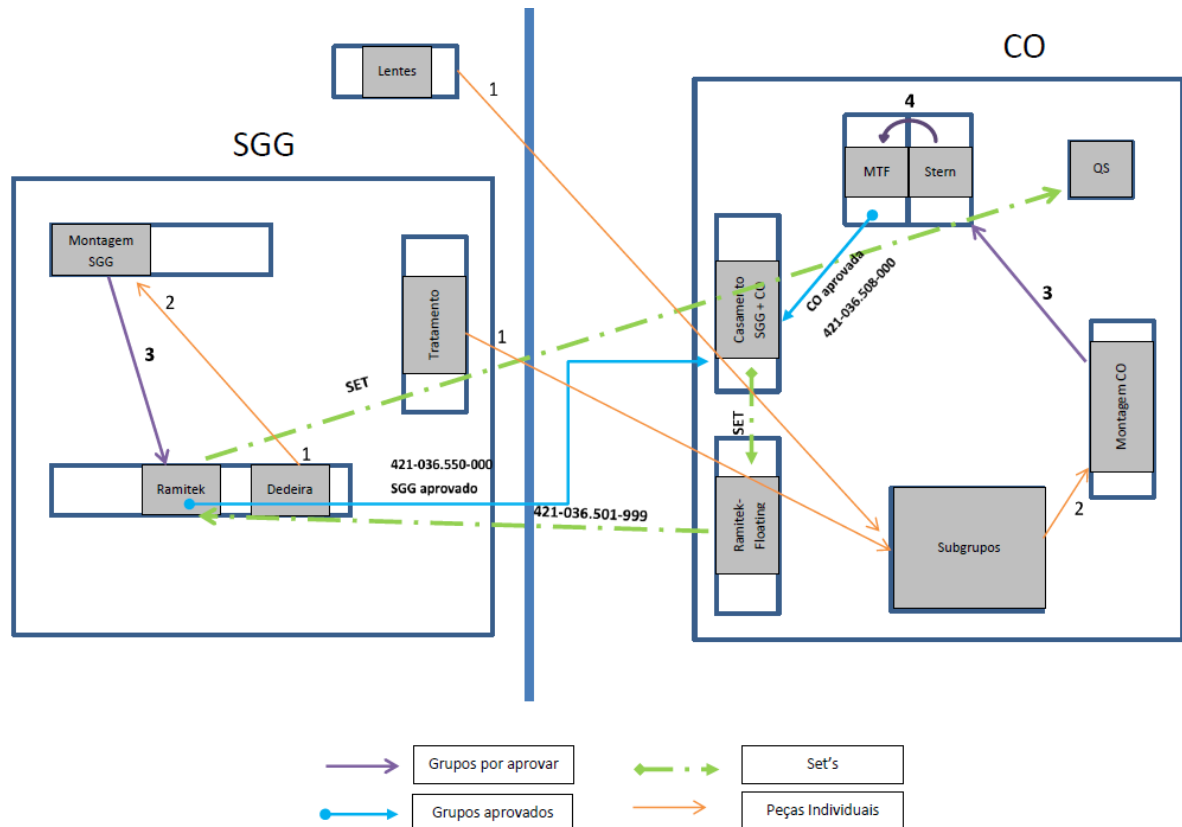


Figura 6 - Diagrama de Esparguete do Processo de Montagem da Objetiva M 1.4/35

Analisando o diagrama em cima se percebe a complexidade das movimentações dos componentes no chão de fábrica. Tamanha complexidade faz antever a necessidade de existência de ferramentas de controlo visual no chão de fábrica, até então inexistentes. Também este fator será tido em conta no capítulo que se segue.

Analisou-se também a disponibilidade de materiais, que é um fator preponderante para o sucesso do output da linha de montagem.

Como mostra na Figura 7, foram analisadas as entregas por parte das secções produtivas da ótica e da mecânica, através dos movimentos de mercadorias registados em SAP por um período de 4 meses.

Material	Designação	Procura		Movimentos		Média (q)	DesvP (q)	Média (LT)	DesvP (LT)
421-036.550-005	Schärfentiefering	14,26389961		Quantidade	Data	94,54545	27,09029896	6	2,449489743
		85,58		117%	100	19/set			
				70%	60	26/set	6		
				374%	160	28/set	3		
				140%	60	02/out	3		
				117%	100	31/out			
				117%	100	07/nov	6		
				58%	100	22/nov	12		
				117%	100	29/nov	6		
				70%	60	06/dez	6		
				117%	100	13/dez	6		
				117%	100	20/dez	6		
				23%	20	22/jan			
				140%	40	23/jan	2		
				140%	40	24/jan	2		
				93%	80	31/jan	6		
				84%	60	06/fev	5		
				84%	60	12/fev	5		

Figura 7 - Registo dos movimentos de entrega do fornecedor interno

Com base nesses movimentos, e em qual a percentagem de cobertura dessa mesma entrega face a uma procura que é conhecida (*Takt* do produto na altura), foi calculada a média do lead time de entrega e o seu desvio padrão.

Esta análise foi feita para todos os componentes de produção interna que são considerados matéria-prima para o processo montagem do produto em questão, e a obtenção destes dados permitiu perceber a existência alguns componentes críticos no que diz respeito á sua disponibilidade na montagem: um maior desvio padrão indica uma maior incerteza na chegada deste mesmo material, o que aliado a uma baixa percentagem de cobertura dessas mesmas entregas, faz antever uma rutura de *stock* do componente.

A abordagem das oportunidades de melhoria identificadas através desta análise será também escrutinada no decorrer do capítulo 5.

Um outro aspeto fundamental que foi analisado foi a aprovação do produto ao longo do processo de montagem.

Após a fase final da montagem da objetiva, esta passa por 4 pontos de verificação, cuja não validação a devolve à fase anterior de montagem. São estes: o teste MTF (*Modulation Transfer Function*) que avalia a performance ótica do conjunto de lentes e caixas-de-ar montados, dois testes utilizando comparadores que avaliam o deslocamento das lentes face ao grupo mecânico e por fim controlo estético.

Foi então feito o levantamento estatístico destas percentagens de aprovação nos diferentes pontos, como mostram os gráficos da Figura 8, Figura 9, Figura 10 e Figura 11.

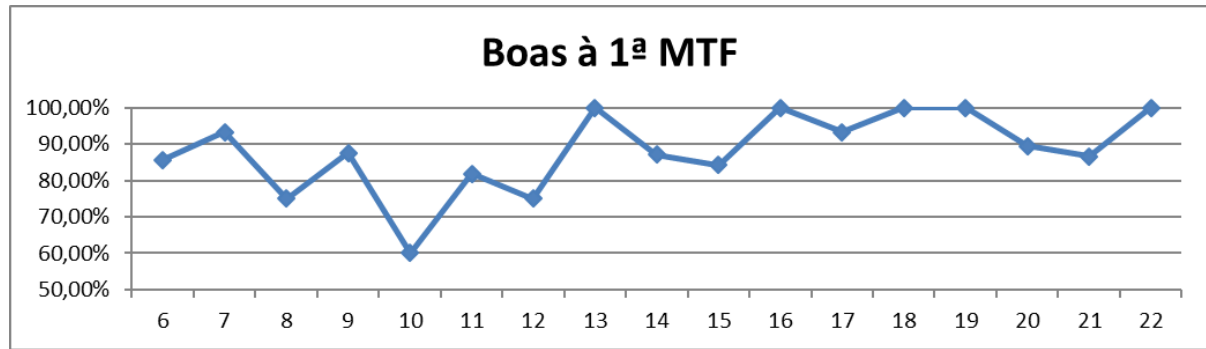


Figura 8 - Evolução da Aprovação em MTF

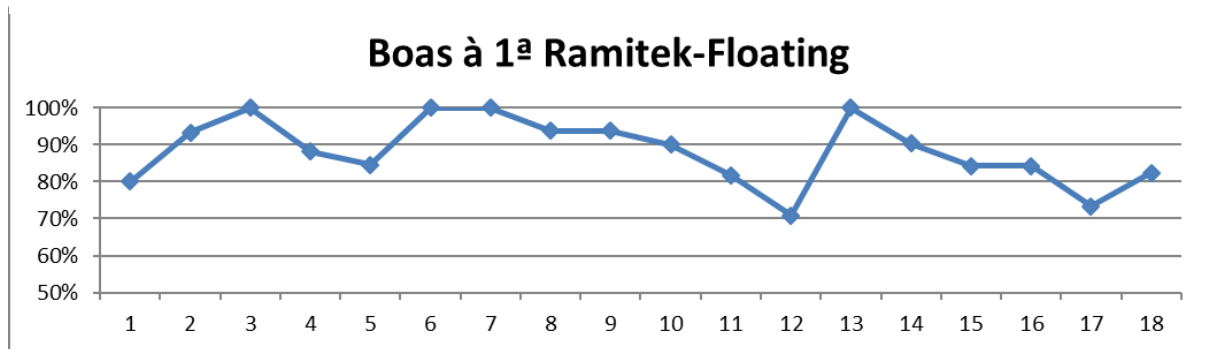


Figura 9 - Evolução da Aprovação em Ramitek Floating

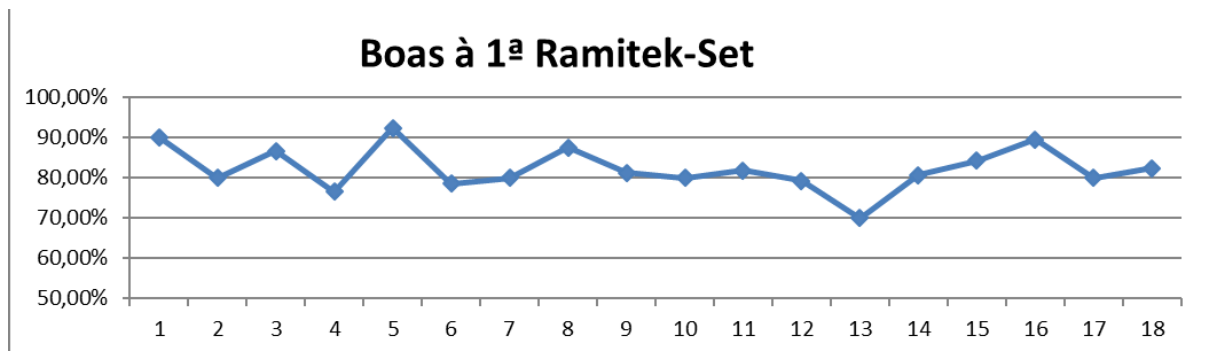


Figura 10 - Evolução da Aprovação em Ramitek Set

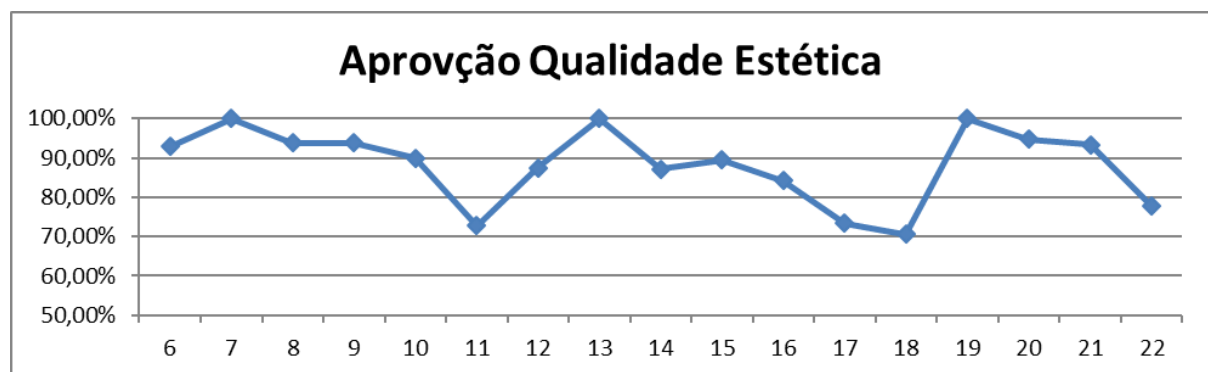


Figura 11 - Evolução da Aprovação em Controlo Estético

O levantamento destas percentagens de aprovação nos diferentes pontos de avaliação permitem-nos calcular um FPY (*First Pass Yield*). Este será um valor a ter em conta aquando da implementação da proposta de melhoria no capítulo 5.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Com base na análise feita ao processo de montagem da objetiva, e para fazer face aos objetivos traçados pela organização, pensou-se num sistema de produção puxado, semelhante a um *Kanban*, auxiliado por ferramentas de gestão visual, que passaria pela criação de limites superiores e inferiores de *stock* para cada referência, limites estes assentes num modelo estocástico de gestão de *stocks* segundo a política de (re-)encomenda.

Após a análise efetuada a todo o processo, começou-se por definir quais seriam os *upper* e *lower bounds* de cada referência que fosse matéria-prima montagem, recorrendo-se à análise das entregas que foi já apresentada, de onde resultou o lead time de entrega e o seu desvio padrão.

Para o cálculo destes limites foram utilizadas as seguintes fórmulas de gestão de *stocks*:

$$\mu DDLT = r * l \quad (1)$$

onde

- $\mu DDLT$ representa a média da procura no prazo de entrega
- r representa a procura
- l representa o prazo de entrega

$$\partial^2 DDLT = l * \partial_r^2 + r^2 * \partial_l^2 \quad (2)$$

onde

- $\partial^2 DDLT$ representa a variância da procura no prazo de entrega

$$SS = Z * \partial DDLT \quad (3)$$

onde

- Z representa o multiplicador normal dado pelo nível de serviço requerido
- SS representa o *Stock* de Segurança

Assim, e com base nas fórmulas apresentadas foram calculados os *Stocks* de Segurança de cada uma dessas matérias-primas do processo montagem, sendo o valor deste o indicativo do que seria o seu limite inferior no mecanismo *pull*.

Para o cálculo do limite superior de cada uma destas referências, utilizou-se a fórmula que se utiliza para calcular o número de cartões num sistema *Kanban*:

$$N = \frac{r * (1 + l_{ss})}{c} \quad (4)$$

onde

- l_{ss} representa o prazo de segurança
- c representa a capacidade do contentor
- N representa o número de cartões

Para este cálculo ainda não existia indicação da capacidade do contentor em que cada referência chegava ao processo de montagem.

Foi então acordado, com os fornecedores internos, que se utilizariam os contentores nos quais as referências fariam o atravessamento no processo anterior, permitindo assim uma integração entre secções e facilitando a gestão produtiva. Desta forma os limites obtidos seriam sempre múltiplos da capacidade dos contentores onde as mesmas referências seriam transportadas.

Tabela 1 - Listagem dos Limites Calculados

<i>References</i>	<i>Name</i>	<i>Container Capacity</i>	<i>Upper Bound</i>	<i>Lower Bound</i>
421-036.525-005	Fassung Linse 5	70	140	70
421-036.514-003	Floatingfassung	20	180	100
421-036.514-008	Gewinding Linse 6+7	70	210	140
421-036.509-003	Lamellenboden	20	180	120
421-036.509-005	Lamellenführungsring	20	180	120
421-035.350-010B	BAJONETTRING	20	240	100
421-036.550-003	Skalenring	70	280	140
421-036.550-005	Schärfentiefering	20	240	100
421-036.550-008	Geradführung Differentialschnecke	20	320	120
421-036.555-000	Schnecke verpasst	20	240	100
421-036.564-000	Differentialschnecke, verpasst	20	240	100
421-036.565-000	Differentialschnecke, verpasst	20	240	100
421-035.311-011	Überwurfring	70	280	140
421-035.313-010	UEBERWURFRING	35	245	105
421-036.508-008	Gewinding	35	245	105
421-036.510-003	Hauptfassung	20	280	120
421-036.510-005	Estrutura frontal da lente	35	245	105
421-036.950-003	Skalenring	20	240	100
421-036.950-005	Schärfentiefering	20	240	100
421-036.522-000	Linse 1 u. 2, gekittet	20	140	80
421-035.324-000	Linse 3 u. 4, gekittet	20	140	80
421-036.527-000	Linse 6 u. 7, gekittet	20	180	120
421-035.329-000	Linse 8 u. 9, gekittet	20	200	100

Na Tabela 1 surgem então os limites calculados para cada referência bem como a capacidade do seu contentor.

Após definidos os limites era importante operacionalizar, quer ao nível do chão de fábrica, quer ao nível do sistema de informação.

No que ao *Gemba* ao diz respeito foram criados lugares de depósito para todas as referências, nos pontos identificados no Diagrama de Esparguete, junto do local onde seriam processados. Estes lugares de depósito foram identificados com o código de referência a que dizem respeito, sendo também implementado uma ferramenta de gestão visual de *stocks* junto de cada lugar de depósito, como mostra na Figura 12.



Figura 12 - Ferramenta de Gestão Visual

Foi ainda criado um “espelho intersecções”, semelhante a um quadro *Kanban*, que permitia saber a cada instante a disponibilidade destes componentes na linha.

Nesta ferramenta, cada cartão correspondia a um contentor, sendo que estes seriam movimentados ora pelo operador, ora pelo operador logístico responsável pelo reabastecimento da linha (Figura 13).



Figura 13 - Ferramenta de Gestão Visual – “Espelho Inter Secções”

Esta ferramenta permite ao gestor de linha saber cada instante como se encontra a sua linha, e ao operador logístico saber quais as referências que são mais urgentes a serem entregues na linha de produção.

Em relação ao sistema de produção, era agora necessário proceder-se à atualização do mesmo.

A principal alteração efetuada diz respeito à atualização dos tempos de passagem, o elemento MRP responsável pelo planeamento da produção. Aqui foram atribuídos tempos de passagem a cada subgrupo com base no maior limite superior de cada um dos seus componentes. Dividindo o limite superior calculado pelo *Takt* semanal do produto final (a utilização da procura semanal prende-se com o período de revisão por parte do operador logístico, que foi definido em 2 vezes por semana), obter-se ia o tempo de passagem necessário para não existirem ruturas de *stock* no processo montagem.

Paralelamente, foi ainda feita uma alteração estrutural à lista técnica do produto.

Observou-se aquando da análise do processo observou-se a existência de uma referência em particular que entrava sistematicamente em rutura.

Verificou-se que esta referência possuía vários lugares de depósito, sem nunca dar origem a uma outra referência, o que dificultava a gestão de *stocks* da mesma no chão de fábrica.

Tabela 2 - Análise de cobertura das entregas do fornecedor interno

Procura
14,2638996

Movimentos			
%	Quantidade	Data	LT
74%	52	11/out	2
39%	11	12/out	2
70%	20	15/out	2
70%	20	16/out	2
70%	20	17/out	2
93%	40	19/out	3
107%	107	24/out	4
35%	50	06/nov	10
28%	20	22/nov	13
47%	40	29/nov	6
6%	8	12/dez	10
50%	50	20/dez	7
11%	20	07/jan	13
42%	12	08/jan	2
93%	40	10/jan	3
58%	50	17/jan	6
112%	80	23/jan	5
70%	20	24/jan	2
56%	40	30/jan	5
47%	20	01/fev	3
112%	80	07/fev	5
84%	60	13/fev	5
140%	40	14/fev	2
70%	40	19/fev	4
47%	20	21/fev	3

Aquando da análise dos *Lead Times* de entrega desta referência, verificou-se também uma baixa percentagem de cobertura de cada uma das entregas, e que o desvio padrão das mesmas era significativamente superior, como se pode verificar na Tabela 2.

Decidiu-se então criar um subgrupo intermédio, atribuindo o tempo de passagem calculado para a referência pelos agora dois subgrupos. A Figura 14 mostra os valores obtidos para a referência em questão.

[illegible]

Figura 14 - Cálculo dos limites Inferiores e Superiores

Sendo o *Takt* de 70 unidades por semana do modelo a produzir estruturou-se a lista técnica do produto como ilustrado na Figura 15.

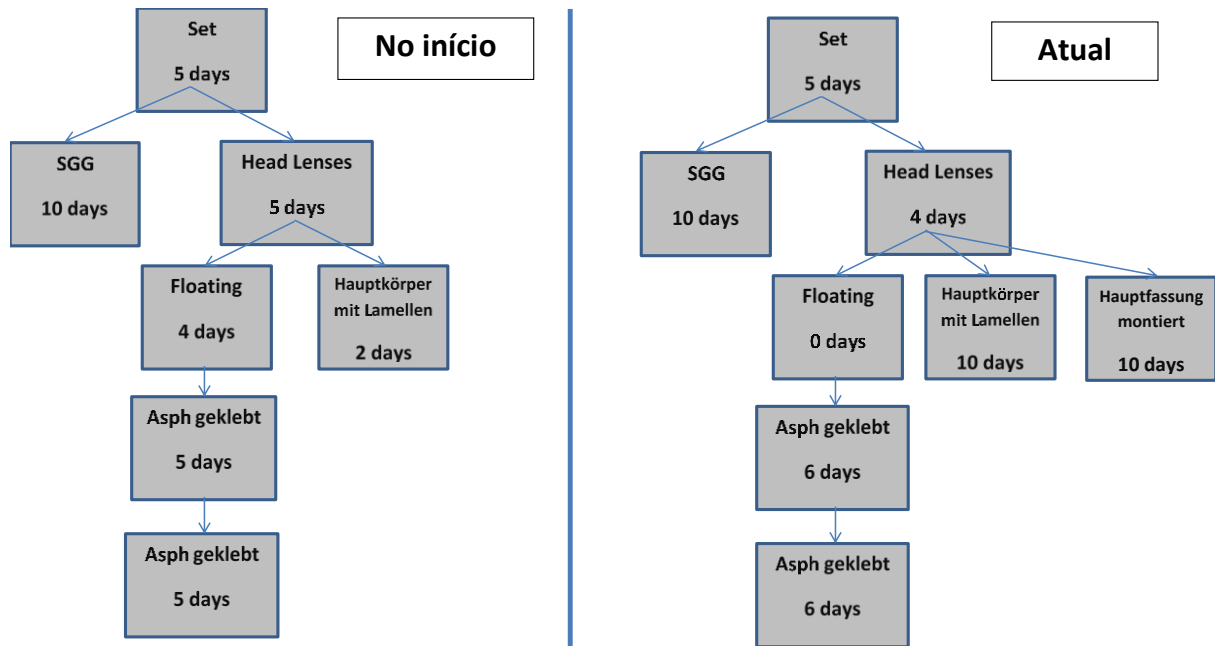


Figura 15 - Alteração estrutural da Lista Técnica

Estando já ultrapassada a questão da disponibilidade de materiais, para concluir a implementação do mecanismo de produção puxada, era necessário estruturar a última fase do processo de montagem da objetiva.

Existindo também incerteza ao longo do processo de montagem, associado às percentagens de aprovação da objetiva apresentadas no anterior capítulo, também para esta fase seria necessária a criação de segurança, para que o cumprimento do plano de produção fosse cumprido.

Utilizou-se então o conceito de FPY, associado ao conceito de ConWIP, ou seja, uma quantidade constante de objetivas presente no circuito de validação de forma a garantir o cumprimento do plano do *Takt* diário.

Os gráficos da Figura 16 e Figura 17 representam o FPY que é o produto de todas as percentagens de avaliação do produto, bem como o ConWIP resultante, que é obtido através da associação deste à procura diária:

$$ConWIP = (1 + FPY) * r_{diario} \quad (4)$$

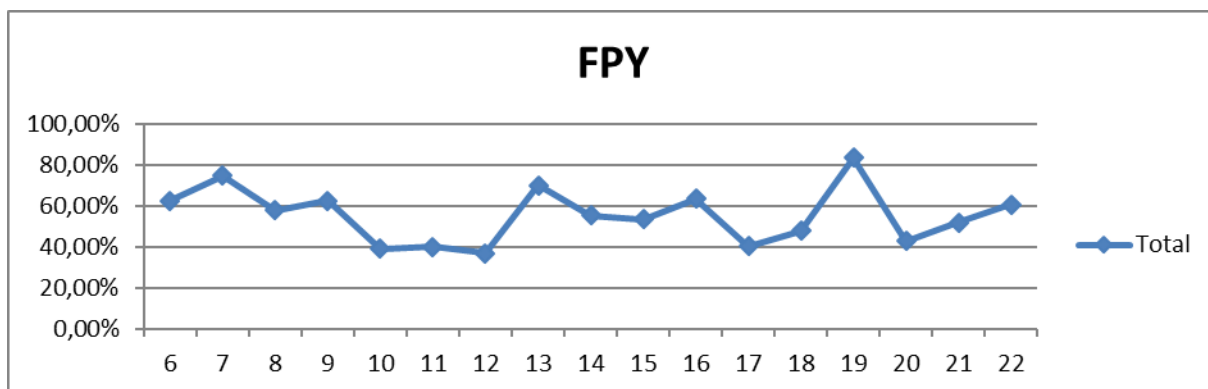


Figura 16 - Evolução do FPY M1.4/35

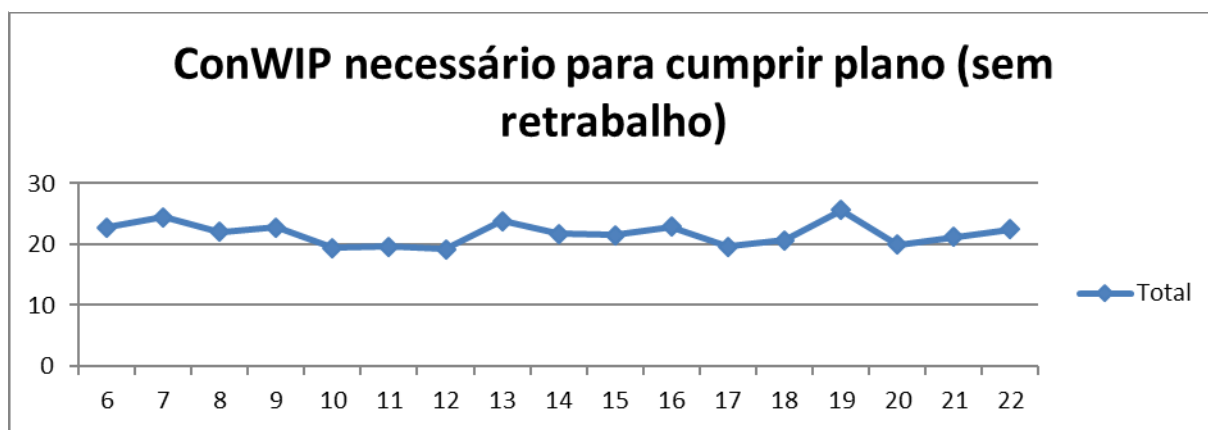


Figura 17 - Evolução do ConWIP M1.4/35

Assim a estratégia passou pela criação de um *stock* de produto validado na dimensão do *ConWIP*. Uma vez que o FPY calculado foi de 53,3% (aproximadamente 50%), o *stock* de produto validado a criar era de um dia e meio de produção, sendo que o lote de atravessamento pensado seria o de meio-dia. Desta forma existiriam sempre neste ciclo, 3 contentores em andamento, cada um deles com a quantidade equivalente a meio dia de produção.

O *trigger* para a produção de novas objetivas seria dado aquando da entrega do contentor completo, originando então a “ordem de produção fictícia” para a reposição do *ConWIP*. Esta “ordem fictícia” era representada por um cartão.

Esta produção da objetiva, oriunda de um casamento entre o SGG e CO, despoletava também, após o consumo destes dois componentes, as respetivas “ordens de produção fictícias”, também através de cartões, para a reposição desses mesmos componentes consumidos.

Os níveis de *stock* destes componentes foram calculados com a mesma base do FPY, pois também eles possuem uma percentagem de aprovação, individualmente enquanto subgrupos.

A Figura 18 ilustra o conjunto dos três conjuntos estocáveis mencionados: a objetiva, o SGG e a cabeça ótica, bem como os cartões que despoletam a sua produção.



Figura 18 - Contentores de atravessamento e Cartões Kanban, na empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.

6. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

A definição dos objetivos para este projeto, traçados pela administração foram bastante claros, sendo que a avaliação do sucesso da implementação da proposta de melhoria, teria de passar pela avaliação dos dois fatores considerados críticos pela mesma: redução do valor de *stock* na linha de montagem (WIP) e aumento do nível de serviço.

No que ao WIP diz respeito, a análise dos resultados obtidos não pode ser feita de forma direta. Isto acontece porque no mundo empresarial nada é estanque, especialmente se se tratar da procura de um produto.

Sendo assim esta análise só se torna possível de ser feita de forma relativa.

M Lenses					
		October 2018	April 2019		
	Monthly Takt	3679	2068	Extrapolation	+19%
	Stock Value	407 394,11 €	282 246,45 €		Increase of stock level / Uni Produced
M1.4/35					
		October 2018	April 2019		
	Monthly Takt	400	240	Extrapolation	-18%
	Stock Value	140 031,81 €	68 500,24 €		Decrease of stock level/ Uni Produced

Figura 19 - Análise Relativa dos valores de WIP

Pela análise da Figura 19, que mostra a evolução do valor em *stock* na linha de montagem, entre o início da implementação do projeto, em outubro de 2018, até que este estivesse completamente implementado, em abril de 2019, houve um decréscimo de 18% do valor de *stock* por unidade produzida da objetiva que foi alvo de estudo neste projeto.

Analogamente, e como é espectável, quando existe um decréscimo da procura o valor em *stock* não desce nunca na mesma proporção. Verifica-se pelo aumento na ordem dos 19% para as referências das restantes objetivas.

Este fenómeno de *Bullwhip* mostrou-se com efeito bastante reduzido para a objetiva em estudo, o que nos demonstra que o mecanismo instalado torna a produção menos suscetível às variações do mercado.

No que toca ao nível de serviço, existem vários indicadores que podiam ter sido tidos em conta. Visto este objetivo ter um carácter de importância maior para a organização, optou-se pelo indicador de desempenho pelo qual a organização é medida junto do seu cliente: *Liefertreue*, que em português significa performance de entrega.

A Figura 20 demonstra a evolução deste indicador para o modelo de objetiva que foi alvo deste projeto de dissertação.

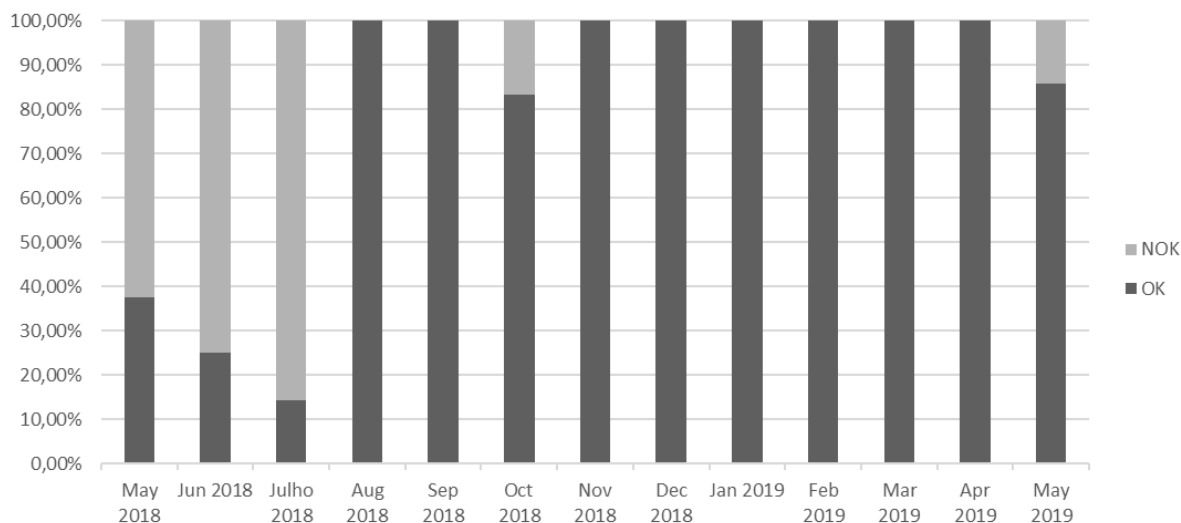


Figura 20 - Evolução do Liefertreue – Performance de Entregas

Tendo a implementação do mecanismo sido iniciada em outubro de 2018 temos os seguintes valores: De maio de 2018 a novembro de 2018 verificou-se uma performance de entrega de 47,83%. De novembro de 2018 a maio de 2019 a performance subiu para 95,65%.

Estes dados validam o sucesso das medidas instaladas, fazendo cumprir na íntegra os objetivos definidos à partida.

Outro medidor não menos importante, mas de mais difícil quantificação, passa pelo reconhecimento dos membros da equipa de produção das objetivas. Todos os membros intervenientes se mostraram entusiasmados desde o início do projeto e reconhecem o mérito do trabalho realizado.

7. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão tiradas as conclusões gerais sobre o projeto de dissertação realizado, será respondida à pergunta de investigação e avaliados eventuais trabalhos futuros

7.1 Considerações finais

Retomando a pergunta de investigação, “Qual o impacto que a otimização do fluxo de materiais poderá ter no nível de serviço e no WIP de uma linha de montagem?”, podemos retirar, findado o projeto, algumas ilações.

É de simples compreensão que a não existência de componentes para o normal funcionamento de uma linha de montagem conduza a um decréscimo da produtividade e consequente redução do nível de serviço.

Por outro lado o desequilíbrio na disponibilidade de componentes, pode levar a um método de produção empurrada, o que nos conduz, para além de um aumento valor em WIP, por estarmos a adicionar valor ao produto que transformamos, a uma série de eventuais desperdícios como sobre processamento, eventuais retrabalhos ou a ocupação de recursos pouco eficaz.

Nesta medida, é correto afirmar que, para a otimização de um nível de serviço, deve ter-se um fluxo de materiais bem desenhado, ou seja, uma estruturação do sistema de informação coerente com o processo produtivo, auxiliado por ferramentas de gestão visual da produção no *Gemba*. Só desta forma se poderá reduzir os desperdícios resultantes da atividade produtiva, acrescento valor na medida certa a cada fase do processo, rentabilizando-o, surgindo como resultado um WIP que terá o valor necessário para acautelar o nível de serviço requerido.

De forma sintética, é possível reconhecer o sucesso do projeto efetuado, olhando principalmente aos resultados obtidos após a implementação do mecanismo *pull*, que aliás haviam sido bastante enfatizados pelos membros da administração da organização: melhorar a performance de entrega e reduzir os valores de stock.

Foi possível evidenciar um decréscimo na ordem dos 18% do valor em WIP para as referências abrangidas pelo projeto. Juntando a isso, o facto de que no período da implementação do projeto, ter existindo um relevante decréscimo da procura, variação esta que não se mostra

de todo favorável à diminuição do WIP, podemos concluir que o potencial de melhoria presente é bastante auspicioso.

Para este mesmo período de tempo foi possível evidenciar-se um aumento bastante significativo do nível de serviço apresentado: de 47,83% para 95,65%. O que significa que sensivelmente se conseguiu dobrar o mesmo. Isto pode ser explicado pelo maior equilíbrio na disponibilidade de materiais conseguido através da implementação do sistema *pull*.

7.2 Sugestões para trabalho futuro

Após a conclusão do projeto do caso piloto, surgiu o convite da organização para a elaboração de um projeto que abrangesse a totalidade da secção da montagem, mudando o paradigma de produção nela instituído.

Foi referido que este facto poderia também surgir como um avaliador do sucesso do projeto, pelo que o interesse demonstrado pela organização surge como reconhecimento do trabalho realizado.

A organização propôs ainda estender o conceito de produção puxada a todo o sistema produtivo, sendo que este projeto teria uma maior extensão temporal, proporcional com a sua complexidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azian, N., Rahman, A., Mohd, S., & Mohamed, M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(Icebr), 174–180. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Banerjee, S., & Damodar Y. Golhar. (1993). EDI Implementation in JIT and Non-JIT Manufacturing Firms : A Comparative Study. *International Journal of Operations & Production Management*, 13(3), 25–37.
- Burns, D. (2007). *Systemic action research: A strategy for whole system change*.
- Carvalho, J. C. de. (2010). *Logística e Gestão da Cadeira de Abastecimento* (1st ed.). Edições Sílabo, Lda.
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean / sigma continuous improvement process : an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48 (4)(January 2010), 1069–1086. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- Dillworth, J. B. (1989). *Production and Operations Management*. (McGraw-Hill, Ed.).
- Emde, S., & Boysen, N. (2012). Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *Intern. Journal of Production Economics*, 135(1), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.07.022>
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. (McGraw-Hill, Ed.) (1st edition). New York.
- Handfield, R. B., Monczka, R. M., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2012). Sourcing and Supply Chain Management. *IEEE Transactions on Information Theory*, 58.
- Holmberg, S. (2000). A systems perspective on supply chain measurements. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(10), 847–868. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/09600030010351246%0ADownloaded>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6)(June), 662–673.

<https://doi.org/10.1205/cherd.04351>

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*.

Osada, T. (1991). *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*. Asian Productivity Organisation.

Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning and Control*, 17 (1)(January 2006), 77–86.
<https://doi.org/10.1080/09537280500414991>

Pinto, J. P. (2006). *Gestão de Operações - Na Indústria e nos Serviços* (2ª). Lidel.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*. *Research methods for business students*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

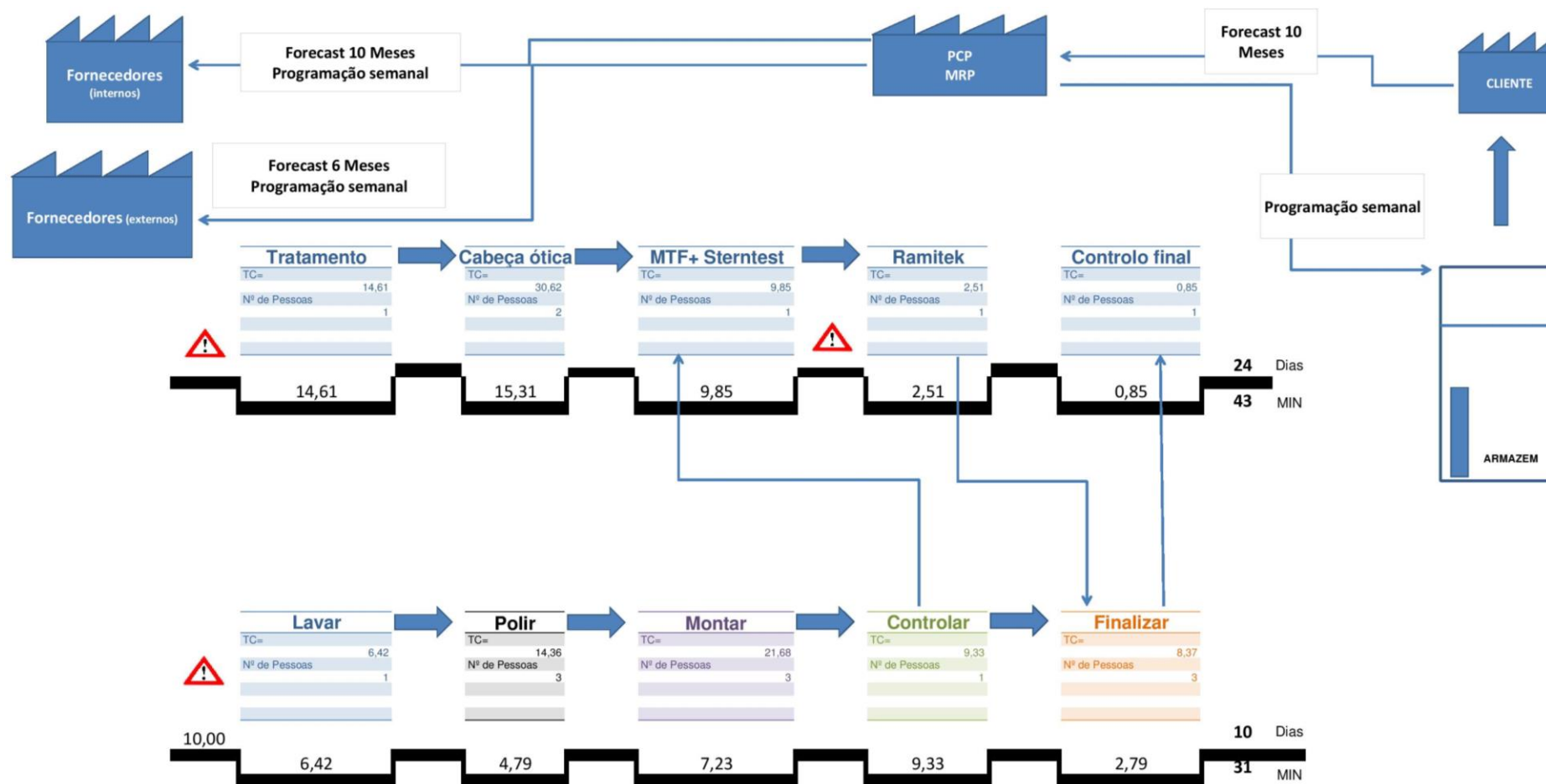
Suzaki, K. (1987). *Gestão de Operações Lean*. (U. L. LeanOp, Ed.) (1ª edição). Retrieved from <https://doi.org/314770/10>

Tyagi, S., Cai, X., Yang, K., & Chambers, T. (2015). Lean tools and methods to support efficient knowledge creation. *International Journal of Information Management*, 35(2), 204–214.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.12.007>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking - Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. Simon & Schuster.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. New York: Rawson Associates.

APÊNDICE 1 – VSM DO PROCESSO DE MONTAGEM DA OBJETIVA M 1.4/35



APÊNDICE 2 – DIAGRAMA DE ESPARGUETE DO PROCESSO DE MONTAGEM DA OBJETIVA M 1.4/35

